

Frieder Mauch<sup>1</sup>, Björn Drews<sup>2</sup>, Raymond Best<sup>3</sup>

# Bildgebende Verfahren zur Diagnostik von Muskelverletzungen

Imaging in muscle lesions

**Zusammenfassung:** Muskelverletzungen stellen die häufigste Sportverletzung dar. Die Anamnese und klinische Untersuchung sind der erste wichtige Schritt in der Diagnostik. Bildgebende Untersuchungen wie Ultraschall und Magnetresonanztomografie (MRT) helfen, die genaue Verletzungslokalisation und das volle Verletzungsausmaß eines strukturellen Schadens zu erkennen, von ultrastrukturellen Läsionen abzugrenzen sowie die Patienten zu unterscheiden, die ggf. operative Therapien benötigen. Der behandelnde Arzt steht hier im Spitzensport in einem Spannungsfeld zwischen „Return to sport“ und erneuter Verletzung. Umfassendes Wissen wird dem sportmedizinisch tätigen Arzt neben der klinischen Untersuchung insbesondere in der Interpretation der Bildgebung abverlangt, um Ausmaß und Lokalisation der Verletzung für die Therapie und Prognose richtig einzuschätzen. Dieser Artikel soll einen Überblick über die Bildgebung und Klassifikation der Muskelverletzungen geben.

*Schlüsselwörter:* Muskelverletzungen, MRT, Sonografie

## Zitierweise

Mauch F, Drews B, Best R: Bildgebende Verfahren zur Diagnostik von Muskelverletzungen.

OUP 2017; 2: 075–081 DOI 10.3238/oup.2017.0075–0081

**Summary:** Muscle lesions represent the most common sports injuries. Medical history and clinical investigation are still the first line tools. Ultrasound and MRI are very helpful for identifying the lesion concerning the location and the extent of the lesion. Differentiation of ultrastructural and structural lesion is one main goal of the imaging. Another main topic should be to discriminate the patients who concern an operative therapy. The doctor needs detailed knowledge to interpretate the imaging, concerning to predict the therapy and the return to sport. This article outlines the imaging and the classification of muscle lesions.

*Keywords:* Muscle-Lesions, MRI, ultrasound

## Citation

Mauch F, Drews B, Best R: Imaging in muscle lesions.

OUP 2017; 2: 075–081 DOI 10.3238/oup.2017.0075–0081

## Einleitung

Muskelverletzungen stellen die häufigste Sportverletzung dar. Die Anamnese und klinische Untersuchung sind die ersten wichtigen Schritte in der Diagnostik [2, 14]. Bildgebende Untersuchungen wie Ultraschall und Magnetresonanztomografie (MRT) helfen, die genaue Verletzungslokalisation und das volle Verletzungsausmaß eines strukturellen Schadens zu erkennen, von ultrastrukturellen Läsionen abzugrenzen sowie die Patienten zu unterscheiden, die ggf. operative Therapien benötigen [13, 15, 17]. Der behandelnde

Arzt steht hier nicht nur im Spitzensport in einem Spannungsfeld zwischen „Return to sport“ und erneuter Verletzung. Umfassendes Wissen wird dem sportmedizinisch tätigen Arzt neben der klinischen Untersuchung insbesondere in der Interpretation der Bildgebung abverlangt, um Ausmaß und Lokalisation der Verletzung für die Therapie und Prognose richtig einzuschätzen. Dieser Artikel soll einen Überblick über die Bildgebung und Klassifikation der Muskelverletzungen geben.

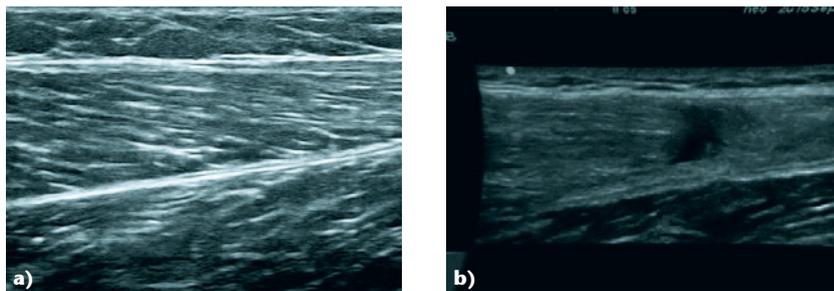
Die 4 großen Muskelgruppen (Hamstrings, Adduktoren, Gastrocnemius und die Kniestrecker) stehen im

Mittelpunkt der Behandlung [10, 18]. Meist sind es akute Verletzungen, die durch exzentrische Krafteinwirkungen entstehen, die 1,5 bis 1,9-mal höher sein können als die konzentrische Krafteinwirkung [12]. Hierdurch entstehen indirekte Muskelverletzungen unterschiedlichen Ausmaßes vor allem am Muskel-Sehnen-Übergang. Diese müssen, vor allem auch im Hinblick auf die Prognose von der akuten Kontusion unterschieden werden. Im zeitlichen Verlauf lassen sich bei der Muskelverletzung die akuten von chronischen bzw. Rezidiv-Verletzungen unterscheiden.

<sup>1</sup> Sportklinik Stuttgart GmbH, Sektion Sporttraumatologie Obere Extremität/Kernspintomographie (MRT)

<sup>2</sup> Zentrum für Chirurgie, Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinik Ulm

<sup>3</sup> Sportklinik Stuttgart GmbH, Sektion Sporttraumatologie Untere Extremität



**Abbildung 1a–b a)** Ultraschalluntersuchung mit normaler Muskelstruktur (ultrastrukturelle Verletzung), **b)** deutliche echoarme Zone (Hämatom) im Sinne einer strukturellen Verletzung.

### Muskelverletzung die häufigste Sportverletzung

Die meisten Muskelverletzungen sind indirekte Partialrupturen (Minor) und heilen ohne Narbenbildung aus. Hierbei handelt es sich um Verletzungen, die ohne direktes Trauma einen nur geringen strukturellen Schaden hervorrufen. Die höhergradige Muskelverletzung heilt im Sinne eines reparativen Prozesses mit Ausbildung einer mehr oder weniger stark ausgebildeten Narbe [12].

#### Klinik und Ultraschall

Die Diagnose der Muskelverletzung beginnt mit einer genauen Anamneseerhebung des Traumas, gefolgt von einer exakten klinischen Untersuchung, einschließlich Inspektion und Palpation. Die Funktionsdiagnostik steht am Ende [2, 12]. Der frühe Einsatz der Sonografie kann schnell und ohne großen Aufwand den möglichen strukturellen Schaden erfassen und stellt eine gute funktionelle Untersuchungsmethode dar (Abb. 1) [21]. Superfaziale Strukturen und dynamische Untersuchung sind hiermit sehr gut durchführbar. Bei Verwendung eines hochfrequenten Schallkopfs ist es möglich, das Sekundärbündel als kleinste anatomische Einheit darzustellen [16]. Nach einer Verletzung stellt sich die Läsion korrelierend zur Muskelheilung in den verschiedenen Phasen ebenfalls unterschiedlich dar. Somit ist darauf zu achten, zu welchem Zeitpunkt der US durchgeführt wird, um die Befunde korrekt zu deuten. Neben der Untersucherabhängigkeit stellen gewisse anatomische Regionen (proximaler Gastrocnemius, proximale Hamstring-Gruppe ...) bzw. die genaue Darstellung

der Differenzialdiagnosen einen Nachteil der Sonografie dar [7].

### Einsatz der Sonografie zur Darstellung der Verletzung im Freizeitsport in den meisten Fällen ausreichend

#### Klassifikationen

Wichtiges Ziel der Diagnostik einschließlich Bildgebung ist es, die strukturelle Verletzung von der ultrastrukturellen Störung zu unterscheiden und somit eine möglichst exakte Klassifikation zu erhalten. Ausfallzeiten mit Rückkehr zum Sport können zeitgenauer prognostiziert werden. Klassifikationen sind dann sinnvoll, wenn sie in der Praxis eingesetzt werden und eine therapeutische Konsequenz aufweisen.

Unterschiedliche Klassifikationen sind in der Literatur veröffentlicht. Klinische Klassifikationen mit 3 Graden sind weit verbreitet. Milde Formen stellen hier Grad-I-Verletzungen dar mit nur geringem strukturellem Schaden, geringer Schwellung und wenig Schmerzen, begleitet mit geringem Kraftverlust und Bewegungseinschränkung. Grad II sind moderate Verletzungen mit größerem strukturellen Schaden und deutlichem Funktionsverlust, während eine komplette Ruptur des Muskels einen Grad-III-Schaden darstellt [12]. Die am weitesten verbreitete Klassifikation des sonografisch nachgewiesenen Ausmaßes ist die von Peetrans 2002 [21] (Tab. 1).

Hier werden jedoch klinisch nachgewiesene ultrastrukturelle Läsionen ohne höhergradige Strukturveränderung nicht ausreichend berücksichtigt

0	Kein Nachweis einer Veränderung
I	Minimale Elongation von < 5 % des Muskels
II	Partielle Muskelruptur (5–50 %)
III	Komplette Muskelruptur

**Tabelle 1** Sonografische Klassifikation der Muskelverletzung, nach [21]

(Abb. 1). Außerdem sind unter Grad II „partielle Muskelrupturen“ Verletzungen subsumiert, die unterschiedliche Prognosen aufweisen, z.B. Muskelfaserriß, Muskelbündelriß. Hier ist aus klinisch-praktischer Sicht eine weitere Differenzierung zwingend notwendig.

### Einteilung der Muskelverletzungen in Anlehnung an die Münchner Arbeitsgruppe in ultrastrukturelle/strukturelle Schäden

Die Expertengruppe [11] schlägt eine modifizierte, klinisch orientierte Einteilung nach Mueller-Wohlfahrt-Modell vor [19]. Unterschieden werden hier akute strukturelle Schäden von der funktionellen Störung, die in die überlastungsbedingten (Typ 1) und die neuromuskulären (Typ 2) Muskelschädigungen unterteilt werden. Bei den strukturellen Muskelverletzungen werden die partiellen Einrisse (Typ 3) (minor/moderat) von den (sub)totalen Rissformen unterschieden (Typ 4). Diese Einteilung ist klinisch geprägt und die Kombination aus Anamnese, Symptomen, klinischer Untersuchung, Lokalisation und additiver Bildgebung ergeben den entsprechenden Verletzungsgrad. Die Modifikation bezieht sich insbesondere auf die weitere Unterteilung der Typ-4-Verletzungen und der Modifikation, die funktionellen Veränderungen als ultrastrukturelle Muskelverletzungen zu klassifizieren.

Zur weiteren Vereinheitlichung der Klassifikationen der klinischen Untersuchung, der Sonografie und des MRT hat die Expertengruppe eine zusammenfassende Klassifikation erarbeitet, welche in Tabelle 2 zusammengefasst ist. Die

A. Indirekte Muskelverletzungen/-störungen	Ultrastrukturelle Muskelstörungen	Typ 1: Überanstrengungsbedingte Muskelstörungen	MRT	US
		Typ 1A: Ermüdungsbedingt	Negativ	Negativ
		Typ 1B: Muskelkater (Delayed-onset muscle soreness: DOMS)	Ödem in hochauflösendem MRT	Negativ oder geringes Ödem
		Typ 2: Neuromuskuläre Muskelstörungen		
		Typ 2A: Wirbelsäulenabhängig	Negativ oder Ödem	Negativ oder geringes Ödem
		Typ 2B: Muskelabhängig	Negativ oder Ödem	Negativ oder geringes Ödem
	<b>Strukturelle Muskelverletzungen</b>	<b>Typ 3: Partieller Muskelriss</b>		
		Typ 3A: Kleiner partieller Riss (Minor partial tear)	Intramuskuläres Hämatom, selten Faserunterbrechung	Elongierte Faserstruktur, selten Faserunterbrechung, intramuskuläres Hämatom
		Typ 3B: Mäßiger partieller Riss (Moderate partial tear)	Faserunterbrechung, Faszienunterbrechung, intra- und ggf. intermuskuläres Hämatom	Faserunterbrechung, Auseinanderweichen unter Kompression, intra- und ggf. intermuskuläres Hämatom
		Typ 4: (Sub)totaler Muskelriss		
		Typ 4A: Subtotaler Riss und Avulsionsverletzung	Großflächige Durchtrennung der Faserstruktur mit Faszienunterbrechung, inter- und intramuskuläres Hämatom	Großflächige Durchtrennung der Faserstruktur mit Faszienunterbrechung, inter- und intramuskuläres Hämatom
		Typ 4B: Kompletter Riss und Avulsionsverletzung	Vollständige Muskeldurchtrennung, Retraktion, inter- und intramuskuläres Hämatom	Vollständige Muskeldurchtrennung, Retraktion, inter- und intramuskuläres Hämatom
<b>B. Direkte Muskelverletzungen</b>		<b>Kontusion</b>	<b>Unterschiedliche Ausprägung von nur Ödem, intra- oder intermuskuläres Hämatom bis Faserunterbrechung</b>	
		Lazeration	Scharfe Faserunterbrechung mit Fasiendurchtrennung, intra- und intermuskuläres Hämatom	

**Tabelle 2** Konsensuelle Klassifikation der Muskelverletzungen für Klinik, MRT und US des Expertenmeetings Muskel und Sehne der GOTS 20016, modifiziert nach [19].

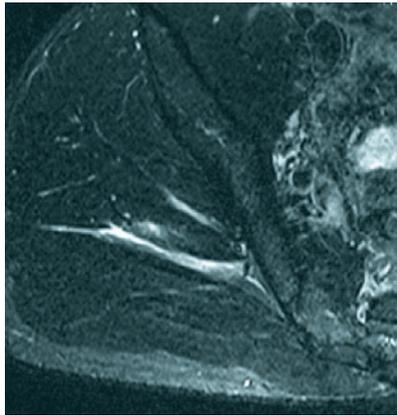
weitere Klassifikation der Muskelverletzungen innerhalb dieses Kapitels bezieht sich auf diese Einteilung [11].

### Kernspintomografie

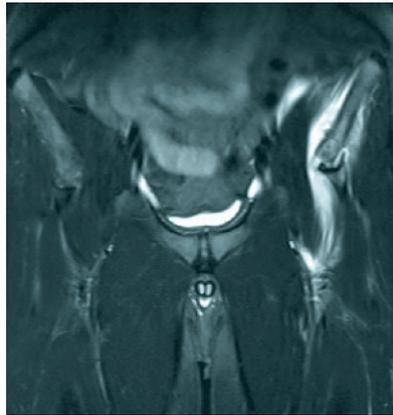
Die Kernspintomografie stellt einen sehr wichtigen Baustein in der Diag-

nostik von Muskelverletzungen dar [7]. Mit ihrer guten und sensitiven Kontrastdarstellung, anatomischen Darstellungsmöglichkeit und Reproduzierbarkeit bietet sie den Vorteil der exakten Darstellung mit Lokalisation und Ausmaß der Verletzung, Darstellung eines Ödems bzw. des strukturellen Scha-

dens selbst (Abb. 2) [22]. In Kombination mit der Klinik lässt sich die Verletzung meist schnell und sicher erfassen und eine Prognose der Ausfallzeit geben [9]. Ein weiterer Vorteil der Kernspintomografie ist die sichere Erfassung von Differenzialdiagnosen im Hüftbereich wie Stressfrakturen, La-



**Abbildung 2** Axiale Stir-Aufnahme eines 26-jährigen Profifußballers mit Grad-3a-Verletzung im Verlauf des M. gluteus medius.  
© Henning Ott



**Abbildung 3** Koronare FS-T2-Aufnahme eines 15-jährigen Sprinters mit Avulsionsverletzung der Rectussehne links



**Abbildung 4** Sagittale FS-Aufnahme eines 23-jährigen Sprinters mit geringen ziehenden Schmerzen beim Training distaler Oberschenkel und Ödem im distalen M. biceps femoris (Grad 2 nach Expertenmeeting).

	Koronar	Sagittal	Axial	Zusatzuntersuchungen: Exakt über der verletzten Region
Ischiocrurale Muskulatur	<b>STIR</b> Guter Überblick über Ausmaß und Lokalisation	STIR Guter Überblick über Ausmaß und Lokalisation	STIR, T2 TSE Guter Überblick über CSA	Sagittale/koronare STIR (2 mm) Bessere Darstellung der „Kontinuitätsunterbrechung“
Knie extensoren	STIR (Optional)	<b>STIR</b> Guter Überblick über Ausmaß und Lokalisation	STIR, T2 TSE Guter Überblick über CSA	Sagittale STIR (2 mm) Bessere Darstellung der „Kontinuitätsunterbrechung“
Hüftadduktoren	<b>STIR</b> Guter Überblick über Ausmaß und Lokalisation	STIR (Optional)	STIR, T2 TSE Guter Überblick über CSA	Koronare STIR (2 mm) Bessere Darstellung der „Kontinuitätsunterbrechung“
M. gastrocnemius	STIR Guter Überblick über Ausmaß und Lokalisation	<b>STIR</b> Guter Überblick über Ausmaß und Lokalisation	STIR, T2 TSE Guter Überblick über CSA	Sagittale/koronare STIR (2 mm) Bessere Darstellung der „Kontinuitätsunterbrechung“

**Tabelle 3** MRT-Protokollvorschläge für die Muskelverletzungen der 4 Hauptlokalisationen. Fett gedruckt: Ebene, die von der Autorengruppe als Präferenz gegenüber den anderen Ebenen gesehen wird.

brumverletzungen, Avulsionsverletzungen (Abb. 3), „Greater Trochanter Pain Syndrome“.

#### MRT-Untersuchungsprotokolle

Die Untersuchungsprotokolle sollten sich an die anatomische Region und die Größe der Verletzung anpassen. Hochfeldaufnahmen (mind. 1,5 Tesla) mit guter Spulentechnologie sind Voraussetzung für die exakte Abbildung der Verletzung [9]. Das FOV und die Matrix werden an das Verletzungsausmaß angepasst. Fettunterdrückte STIR-Aufnah-

men (Short-Tau-Inversion-Recovery) stellen den Hauptpfeiler der Diagnostik dar. Diese Sequenzen sind extrem sensitiv gegenüber Flüssigkeit. Die möglichen Untersuchungsprotokolle für die 4 Hauptlokalisationen sind in Tabelle 3 aufgeführt. Bei unklaren Muskelbefunden sind die Protokolle auf andere Sequenzen mit zusätzlicher Gabe von Kontrastmittel zu erweitern.

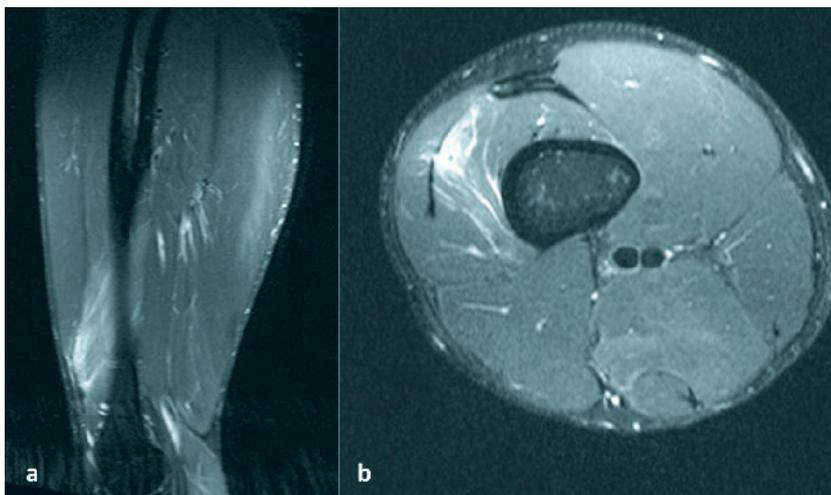
#### Zeitpunkt der MRT-Untersuchung

In der Literatur gibt es im Moment noch keinen Konsens über den idealen

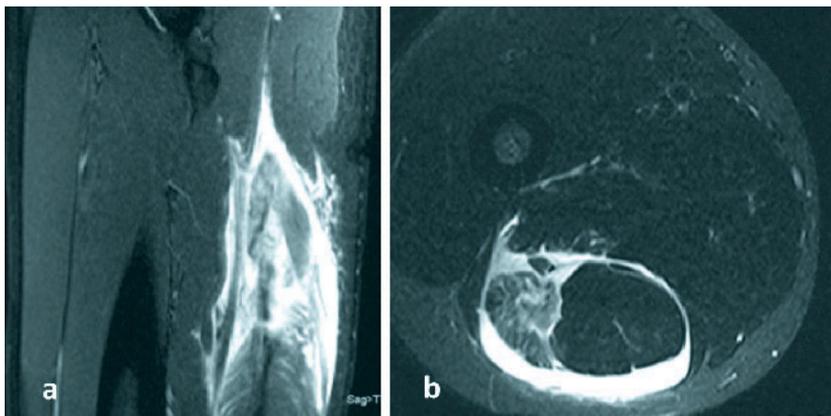
Zeitpunkt der MRT-Bildgebung. Ekstrand et al. [9] favorisieren einen Zeitraum von 24–48 Stunden nach der Verletzung, während Gielen et al. einen längeren Zeitraum für richtig erachten [3]. Die Muskelverletzung mit der Ödemreaktion kommt hier am besten in den fettunterdrückten T2-Aufnahmen zur Darstellung, die in histologischen Untersuchungen meist nach 24 Stunden ihre maximale Ausdehnung erreicht [20]. Daher scheint im Moment der beste Zeitpunkt für die Bildgebung 1–2 Tage nach der Verletzung zu liegen.

	Grad 1	Grad 2	Grad 3A	Grad 3B
MRT-Aussehen	MRT negativ	„Ödem“ kein Einriss	Partielle Ruptur Minor	Partielle Ruptur Moderat
Verteilung	13 %	57 %	27 %	
% der Ausfalltage	5 %	51 %	33 %	
Ausfallzeit/Tagen	8	17		73

**Tabelle 4** MRT-Klassifikation, modifiziert nach Ekstrand mit Korrelation der Ausfallzeit in Tagen [22].



**Abbildung 5a–b** a) 25-jähriger Profi-Fußballspieler mit Partialruptur (Grad 3a) im M. vastus lateralis. **a)** Sagittale FS-Aufnahme **b)** Axiale FS-Aufnahme



**Abbildung 6a–b** Subtotale muskulotendinöse Übergangsverletzung der Bizepssehne (Grad 4 a), **a)** koronare STIR-Aufnahme, **b)** axiale STIR-Aufnahme

#### Follow-up-Untersuchung

Die MRT-Untersuchung stellt eine sehr sensitive Methode für die Follow-up-Bildgebung dar im Verlauf der Rehabilitation und zur Unterstützung der mögli-

chen Wiedereingliederung ins Mannschaftstraining bzw. Rückkehr zum Wettkampfsport [4, 6]. Das MRT-Bild muss aber immer mit der klinischen Untersuchung und den funktionellen Tests der einzelnen Rehabilitationsphasen be-

trachtet werden und kann nicht alleine ein Kriterium für die Entscheidung einer Aufbelastung darstellen. Nach einer Hamstring-Verletzung ist auch noch nach 6 Wochen eine Signalanhebung an der verletzten Stelle zu sehen [1]. Der ideale Zeitpunkt für eine Follow-up-MRT-Untersuchung hängt vom Einzelfall ab und ist nicht generell zu empfehlen. Insgesamt wird aber die MRT-Untersuchung als zusätzliche Untersuchung bei verzögerten Rehabilitationsverläufen empfohlen [14].

#### MRT-Klassifikation und Prognosefaktoren

Neben der akkuraten klinischen Untersuchung trägt die Bildgebung mit der MRT-Diagnostik heute einen wichtigen Beitrag zur Klassifikation und Prognose der Muskelverletzung bei [14]. Ekstrand et al. konnten in ihrer Arbeit zeigen, dass die MRT-Veränderungen mit der Ausfallzeit korrelieren. Über einen Zeitraum von 4 Jahren konnten 516 Hamstring-Verletzungen bei 23 Fußball-Profitteams erfasst werden. Die MRT-Untersuchung wurde mittels modifizierter Peetrons-Klassifikation eingeteilt [9, 21]. Grad 0 stellt ein negatives MRT dar. Grad 1 zeigt eine Signalanhebung im Sinne eines meist gefiedert aussehenden Ödems ohne Ruptur (Abb. 4). Grad 2 stellt die Partialruptur dar, eine komplette Ruptur wird als Grad 3 eingestuft. Zur Vereinheitlichung der Klassifikationen und besseren Differenzierung der Verletzungen wurde im Rahmen eines Expertenmeetings die Anpassung der Grad-Einteilung sowie Unterteilung der Grad-3-Verletzungen (Partialrupturen) in Anlehnung an die klinische Munich Consensus Conference um Müller-Wohlfahrt [19] für sinnvoll erachtet [11]. Die geringere Partialruptur (Minorverletzung)

Positive MRT-Prognosefaktoren	Negative MRT-Prognosefaktoren
Negatives MRT (Grad 1)	Grad 3B und 4 Veränderungen
Ödem im MRT (Grad 2)	Cross-sectional-Area > 75 %
Cross-Sectional-Area < 25 %	Verletzung der proximalen Sehne
Ein Muskel betroffen	Mehrere Muskeln betroffen
Geringe Länge	Große Ausdehnung
Geringe Retraktion	Große Retraktion

**Tabelle 5** MRT-Prognosefaktoren am Beispiel der Verletzungen der ischiocruralen Muskulatur

wird als 3A (Abb. 5) eingeteilt und 3B wird analog für die höhergradige Partialruptur verwendet. Auch die (Sub-)Totalrupturen werden kernspintomografisch in Grad 4A (subtotal) und Grad 4B (total) subklassifiziert (Abb. 6).

Die anatomischen Grenzen für die Unterscheidung sind im MRT nicht immer sicher darstellbar, wobei hier die Minor-Partialruptur (Grad 3A) das maximale Ausmaß eines Primärbündels mit 1 mm<sup>2</sup> ohne Faszienerkrankung ausmacht. Größere Partialrupturen (Grad 3B) mit zusätzlicher Faszienerkrankung werden als moderate Partialrupturen bezeichnet (Tab. 4).

Der Großteil der Verletzungen mit einem Anteil von 70 % waren Grad-1- und Grad-2-Verletzungen. Bei 27 % der Verletzungen wurde eine Grad-3-Verletzung diagnostiziert, wobei nur in 3 % der Fälle eine Komplettruptur vorlag (Grad 4). Der Grad der Verletzung korrelierte signifikant mit der Länge der Ausfallzeit (Tab. 4). Während Grad-1- und Grad-2-Verletzungen 8 bzw. 17 Tage Ausfallzeit zur Folge hatten, waren es bei Grad-3-Verletzungen 22 Tage und 73 Tage bei Grad-4-Verletzungen. Die MRT-Diagnostik kann somit sinnvoll nach der in Tabelle 4 aufgeführten Klassifikation erfolgen und die Ausfallzeiten prognostizieren.

In einer aktuellen Arbeit von Ekstrand et al. [8] erfolgt die Validierung der „Münchener Klassifizierung“. Die Verletzungen wurden standardisiert nach einem klinischen Untersuchungsbogen erfasst und eine MRT-Untersuchung innerhalb der ersten 24–48 Stunden durchgeführt. Es wurden 67 % strukturelle Verletzungen und 33 % ultrastrukturelle

Muskelprobleme erfasst. Die Ausfallzeit war für strukturelle Verletzungen auch hier signifikant höher als bei den ultrastrukturellen Schäden. Zusätzlich waren die Ausfallzeiten zwischen den Subgruppen der strukturellen Schäden (minor/moderat) signifikant unterschiedlich groß. Für die Subgruppen der ultrastrukturellen Schäden traf dies nicht zu. Beim Vergleich mit den MRT-Untersuchungen zeigte sich bei allen klinisch ultrastrukturell eingeschätzten Verletzungen eine Grad-1- oder Grad-2-Veränderung. Dagegen zeigte sich bei der klinischen Diagnose eines strukturellen Schadens (Moderat) in 77 % eine Grad-3-Veränderung und in 23 % nur eine Grad-2-Veränderung. Wurde klinisch eine Minor-Partialruptur diagnostiziert, fanden sich in der Mehrzahl der Fälle (81 %) Grad-1- oder Grad-2-Veränderungen im MRT und nur in 19 % ein struktureller Schaden im Sinne einer Grad-3-Veränderung. Kritisch ist hier anzumerken, dass die Verteilung der Ausfalltage nicht normal war und die Gruppe für die MRT-Untersuchungen gering war. Die Klassifikation der Arbeitsgruppe um Müller-Wohlfahrt [19] erfasst heute alle wichtigen Muskelverletzungen. Die MRT-Diagnostik kann uns hier insbesondere bei der Unterscheidung von ultrastrukturellen und strukturellen Schäden helfen. Ultrastrukturelle Schäden weisen meist ein negatives MRT (Grad 1) oder eine Grad-2-Veränderung (Ödem, ggf. perifasziale Flüssigkeit) auf. Strukturelle Schäden werden klinisch eher überschätzt, da sich in der MRT-Korrelation hier weniger ausgeprägte Veränderungen zeigen. Ein Problem stellt die Minor-Partialruptur (Grad 3A) als

strukturelle Verletzung dar, da sie nicht immer in der MRT-Diagnostik als solche erfasst werden kann.

**Die kernspintomografische Einteilung der Muskelverletzungen erfolgt angelehnt an die modifizierte Ekstrand-Klassifikation und korreliert mit der modifizierten klinischen Klassifikation der Münchener Arbeitsgruppe.**

*Weitere MRT-tomografische Prognosefaktoren*

Neben der klassischen Einteilung nach Graden bezüglich der Schwere der Verletzung kann die MRT noch zusätzlich Informationen über die Lokalisation der Verletzung in der Muskel-Sehnen-Einheit und der Lokalisation mit Ausmaß der Länge und Breite der Verletzung geben [23]. Askling et al. konnten zeigen: Je kranialer die Hamstring-Verletzung lokalisiert ist, desto länger ist die Ausfallzeit. Des Weiteren konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, dass die Länge (kranio-kaudale-Ausbreitung) der Verletzung mit der Ausfallzeit korreliert [1]. Der prozentuale Anteil der betroffenen „cross-sectional-area“ in der axialen STIR-Aufnahme mit erhöhtem T2-Signal, verglichen mit dem Muskelsignal des nicht betroffenen Muskels, zeigt ebenfalls eine positive Korrelation. Je größer die betroffene Fläche, desto länger ist die Ausfallzeit [5, 22]. Tabelle 5 fasst die positiven und negativen MRT-Faktoren nochmals zusammen.

## Zusammenfassung und Ausblick

Neben der klinischen Untersuchung und der Anamnese des Sportlers spielt die Bildgebung eine wichtige Rolle in der Diagnostik der Muskelverletzungen. Im Freizeitsport reicht hier meist die Ultraschalluntersuchung aus, gefolgt von einer konservativen beschwerdeabhängigen Therapie mit Aufbelastung. Beim ambitionierten Freizeitsportler und bei der Betreuung im Spitzensport ist die MRT-Diagnostik heute nicht mehr wegzudenken. Die kernspintomografische Einteilung der Muskelverletzungen erfolgt angelehnt an die modifizierte Ekstrand-Klassifikation und korreliert mit der modifizierten klinischen Klassifikation der Münchener Arbeitsgruppe. Trotzdem sind in der aktuellen Literatur

einige Einschränkungen zu nennen. Viele Studien beziehen sich auf die Hamstring-Gruppe bzw. ein Sportlerklientel. In wie weit von diesen Erfahrungen auf andere Muskelgruppen bzw. auch andere Sportarten geschlossen werden kann, ist unklar. Für die zukünftige Forschung auf diesem Gebiet ist es wünschenswert, dass möglichst viele Prognosefaktoren berücksichtigt werden, weitere genaue Analysen der Rupturanatomie und über das Ausmaß der Verletzung erfolgen, der Nutzen der Bildgebung weiter zu evaluieren für die Prognose, insbesondere der Follow-up-Untersuchung und die MRT-Protokolle und Technik so zu verbessern, dass der strukturelle Schaden sicher erkannt werden kann.

### Fazit für die Praxis

- Die MRT-Diagnostik bietet eine schnelle anatomische Zuordnung der Muskelverletzung und Erfassung der Differenzialdiagnosen.
- MRT-Protokolle werden der verletzten Region angepasst.
- Der optimale Zeitpunkt der MRT-Untersuchung ist 24–48 Stunden nach der Verletzung.
- Zusammen mit der klinischen Untersuchung bietet die MRT-Diagnostik eine schnelle Klassifikationsmöglichkeit.
- Die kernspintomografische Einteilung der Muskelverletzungen erfolgt angelehnt an die modifizierte Ekstrand-Klassifikation und korreliert mit der

modifizierten klinischen Klassifikation der Münchner Arbeitsgruppe.

- Ultrastrukturelle Veränderungen werden von der strukturellen Schädigung unterschieden.
- Durch eine exakte Klassifikation lassen sich Therapie- und Rehabilitationszeiten sehr gut vorhersagen. OUP

**Interessenkonflikt:** Keine angegeben

#### Korrespondenzadresse

PD Dr. med. Frieder Mauch M.A.  
Sportklinik Stuttgart GmbH  
Sektion Sporttraumatologie Obere  
Extremität/ Kernspintomographie (MRT)  
Taubenheimstraße 8  
70372 Stuttgart  
frieder.mauch@sportklinik-stuttgart.de

### Literatur

1. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A: Acute first-time hamstring strains during high-speed running: a longitudinal study including clinical and magnetic resonance imaging findings. *Am J Sports Med* 2007; 35: 197–206
2. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A: Proximal hamstring strains of stretching type in different sports: injury situations, clinical and magnetic resonance imaging characteristics, and return to sport. *Am J Sports Med* 2008; 36: 1799–1804
3. Baert A, Faletti C, Vanhoenacker FM, Maas M, Gielen JL: Imaging of orthopedic sports injuries. Springer Science & Business Media, 2007
4. Blankenbaker DG, De Smet AA: MR imaging of muscle injuries. *Applied Radiology* 2004; 33: 14–26
5. Cohen SB, Towers JD, Zoga A et al.: Hamstring injuries in professional football players: magnetic resonance imaging correlation with return to play. *Sports Health* 2011; 3: 423–430
6. Connell DA, Schneider-Kolsky ME et al.: Longitudinal study comparing sonographic and MRI assessments of acute and healing hamstring injuries. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 183: 975–984
7. Crisco JJ, Jokl P, Heinen GT, Connell MD, Panjabi MM: A muscle contusion injury model. Biomechanics, physiology, and histology. *Am J Sports Med* 1994; 22: 702–710
8. Ekstrand J, Askling C, Magnusson H, Mithoefer K: Return to play after thigh muscle injury in elite football players: implementation and validation of the Munich muscle injury classification. *Br J Sports Med* 2013; 47: 769–774
9. Ekstrand J, Healy JC, Walden M, Lee JC, English B, Hagglund M: Hamstring muscle injuries in professional football: the correlation of MRI findings with return to play. *Br J Sports Med* 2012; 46: 112–117
10. Elliott MC, Zarins B, Powell JW, Kenyon CD: Hamstring muscle strains in professional football players: a 10-year review. *Am J Sports Med* 2011; 39: 843–850
11. Expertenmeeting der GOTS: Muskel und Sehne, 27. Bis 29. Mai 2016
12. Jarvinen TA, Jarvinen TL, Kaariainen M, Kalimo H, Jarvinen M: Muscle injuries: biology and treatment. *Am J Sports Med* 2005; 33: 745–764
13. Kerkhoffs GM, Servien E: Acute Muscle Injuries. Springer, 2014
14. Kerkhoffs GM, van Es N, Wieldraaijer T, Sieravel IN, Ekstrand J, van Dijk CN: Diagnosis and prognosis of acute hamstring injuries in athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013; 21: 500–509
15. Kieb M, Lorbach O, Engelhardt M: [Muscle injuries: diagnostics and treatments]. *Orthopade* 2010; 39: 1098–1107
16. Konermann W, Gruber G: Ultraschall-diagnostik der Bewegungsorgane: Kursbuch nach den Richtlinien der DEGUM und der DGOU. Georg Thieme Verlag, 2011
17. Lempainen L, Banke IJ, Johansson K et al.: Clinical principles in the management of hamstring injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015; 23: 2449–2456
18. Malliaropoulos N, Papacostas E, Kiritsi O, Papalada A, Gougoulias N, Maffulli N: Posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes. *Am J Sports Med* 2010; 38: 1813–1819
19. Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K et al.: Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *Br J Sports Med* 2013; 47: 342–350
20. Nikolaou PK, Macdonald BL, Glisson RR, Seaber AV, Garrett WE Jr.: Biomechanical and histological evaluation of muscle after controlled strain injury. *Am J Sports Med* 1987; 15: 9–14
21. Peetrons P: Ultrasound of muscles. *Eur Radiol* 2002; 12: 35–43
22. Slavotinek JP: Muscle injury: the role of imaging in prognostic assignment and monitoring of muscle repair. *Semin Musculoskelet Radiol* 2010; 14: 194–200
23. Slavotinek JP, Verrall GM, Fon GT: Hamstring injury in athletes: using MR imaging measurements to compare extent of muscle injury with amount of time lost from competition. *AJR Am J Roentgenol* 2002; 179: 1621–1628